

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 43 25 269 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 B 11/03
G 01 B 11/24
G 01 M 11/08
G 06 K 9/60

②1 Aktenzeichen: P 43 25 269.9
②2 Anmeldetag: 28. 7. 93
④3 Offenlegungstag: 2. 2. 95

DE 43 25 269 A 1

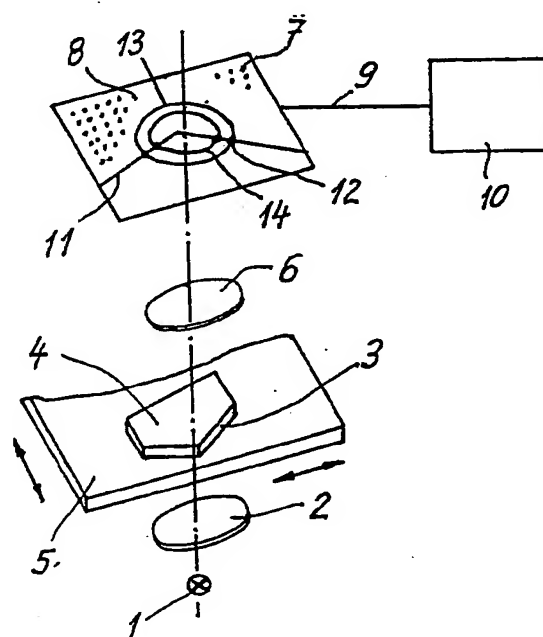
⑦1 Anmelder:
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE

⑦2 Erfinder:
Priplata, Heinz, Dipl.-Ing., 07745 Jena, DE; Schmidt,
Reiner, Dr.-Ing., 07743 Jena, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Anordnung zur koordinatenmäßigen Ermittlung der Form und Lage von Strukturen, Kanten und Formelementen

⑤7 Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur koordinatenmäßigen Ermittlung der Lage und der Form von Strukturen, Kanten und Formelementen mit Hilfe fotoelektrischer x-, y-adressierter CCD-Sensoren 8 im Durch- und Auflicht an Koordinatenmeßgeräten. Die CCD-Sensoren 8 sind auf einer Sensoranordnung 7 angeordnet, auf welche die zu messende Struktur 3 oder Kante mit Hilfe einer Abbildungsoptik 6 abbildbar ist und welche mit einer Bildsignalverarbeitungseinheit 10 verbunden ist. Aus der Gesamtheit der auf der Sensoranordnung 7 vorgesehenen CCD-Sensoren 8 wird eine Untermenge von CCD-Sensoren 12; 16; 17; 18; 19; 28, die mehrere geschlossene linienförmige geometrische Figuren, bilden zur Abtastung der zu messenden Struktur 3 derart aktiviert, daß durch diese aktivierten CCD-Sensoren 12; 16; 17; 18; 19; 28 beim Zusammentreffen mit dem Bild 11; 22 der auf sie abgebildeten Struktur 3 ein elektrisches Signal zur Weiterverarbeitung an die Bildsignalverarbeitungseinheit 10 abgegeben wird.



DE 43 25 269 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur koordinatenmäßigen Ermittlung der Lage von Strukturen, Kanten und Formelementen nach dem Oberbegriff des ersten Patentanspruches mit Hilfe fotoelektrischer x-, y-adressierter Sensoren im Durch- und Auflicht an Koordinatenmeßgeräten.

Zum koordinatenmäßigen Ermitteln von Strukturen mit Hilfe fotoelektrischer Sensoren im Durch- und Auflicht an Koordinatenmeßgeräten werden unter anderem die zu bestimmenden Strukturen punktuell angetastet. Je nach der aus Einzelmessungen gewonnenen Menge von Meßdaten werden mittels geeigneter mathematischer Algorithmen durch Rechner Verdichtungsoperationen durchgeführt, welche diese Strukturen, meist bekannte geometrische Elemente wie Geraden, Kreise und Ellipsen, mehr oder weniger gut beschrieben. In neuerer Zeit werden dazu zunehmend Sensoranordnungen verwendet, die aus rasterförmig in Zeilen und Spalten angeordneten Einzelelementen, sog. Pixeln, bestehen. Da Pixelgröße und -abstand und die koordinatenmäßige Lage eines jeden Pixels auf der Sensoranordnung bekannt sind, lassen sich die auf der Sensoranordnung abgebildeten Strukturen und Kanten mathematisch beschreiben und maßlich erfassen.

Aus der DE-OS 35 18 966 ist es bekannt, als x-, y-adressierten Sensor eine Festkörperkamera mit Matrixanordnung der Sensorelemente in Verbindung mit einer Bildsignalverarbeitungseinheit zur Berechnung der Lage und Form einer Struktur zu verwenden. Dazu wird eine zu vermessende Strichkreuzmarke auf dem Sensor abgebildet. Zwei ausgewählte Spalten und Zeilen von Sensorelementen, die jeweils einen Abstand voneinander aufweisen, bilden vier Schnittpunkte mit der Strichkreuzmarke. Aus den Koordinaten dieser Schnittpunkte wird die Lage und Form der Strichkreuzmarke in x- und y-Richtung und eventuell deren Verdrehung mit Hilfe der Bildsignalverarbeitungseinheit berechnet.

Ein Nachteil des Verfahrens und dieser Anordnung der Sensorelemente besteht darin, daß bei der praktischen Anwendung bestenfalls die Gleichungen und die Lage zweier sich schneidender Geraden und deren Schnittpunkt ermittelt werden können, da lediglich von einer Geraden an dem Schnittpunkt gegenüberliegenden Enden Schnittpunkte mit Sensorelementen auswertbar sind. Formelemente, wie z. B. Kreise, Gewindeprofile, Zahnprofile oder zwei in einem Schnittpunkt endende Geraden sind nicht auswertbar. Selbst bei geringem Abstand der beiden Spalten und Zeilen könnten derartige Strukturen nicht vermessen werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur koordinatenmäßigen Ermittlung der Form und Lage von Strukturen, Kanten und Formelementen mit fotoelektrischen x-, y-adressierten Sensoren zu schaffen, mit welcher mit geringem gerätetechnischen Aufwand und mit hoher Genauigkeit sowohl im Durch- als auch im Auflicht die koordinatenmäßige Ermittlung der Form und der Lage von Strukturen und Kanten durchgeführt werden kann.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einer Anordnung zur koordinatenmäßigen Ermittlung der Form und Lage von Strukturen, Kanten und Formelementen mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des ersten Patentanspruches gelöst. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Ansprüchen näher beschrieben.

Die erfindungsgemäße Anordnung erlaubt dadurch, daß stets mehr als zwei CCD-Sensoren zur Abtastung der auf der Sensoranordnung abgebildeten Struktur oder Kante benutzt werden, die Messung zusammengesetzter Linienzüge, z. B. Gewindeprofile oder zweier sich in einem Punkt schneidender Geraden oder andere Kantenformen, wie Kreis- und Zahnprofile. Hierbei kommt es auf die Anzahl der an der Abtastung beteiligten aktivierten CCD-Sensoren an. Da die Position der CCD-Sensoren auf der Sensoranordnung koordinatenmäßig bekannt ist, kann aus der bekannten Position mit Hilfe der Bildsignalverarbeitungseinheit, die vorteilhaft mit einem Rechner gekoppelt ist, die zu messende Struktur oder Kante koordinatenmäßig berechnet werden. So kann z. B. aus den Positionen dreier CCD-Sensoren, welche beim Zusammentreffen mit dem Bild der Struktur oder Kante ein Signal liefern, ein Kreisprofil bestimmt werden. Aus vier Positionen ist die Lage zweier in einem Punkt zusammenstoßender Geraden und damit Winkel bestimmbar. Zur Bestimmung komplizierter Kurvenformen können auch mehr als vier aktivierte CCD-Sensoren verwendet werden.

Werden zur Messung aktivierte CCD-Sensoren der Sensoranordnung benutzt, die auf mindestens zwei konzentrischen Kreisen liegen, so erhält man mindestens vier Punkte mit bekannter koordinatenmäßiger Position, die mit der zu messenden Struktur, Kante oder mit dem Formelement zusammentreffen. Da die Position dieser Punkte bekannt ist, kann aus den von den betreffenden CCD-Sensoren an die Bildsignalverarbeitungseinheit gelieferten x-y-adressierten Signalen das zu messende Formelement nach Form und Lage bestimmt werden.

Vorteilhaft ist es, auf konzentrischen Kreisen liegende CCD-Sensoren für die Messungen zu verwenden, weil in diesem Falle der Abstand der Kreise leicht durch Auszählen der Sensoren zwischen den beiden Kreisen ermittelt werden kann. Auch sind die Mittelpunktkoordinaten der Kreise leicht bestimmbar. Die Anwendung von Kreisen ermöglicht in einfacher Weise eine richtungsunabhängige Messung, wodurch auch die Messung beliebig gerichteter Formelemente wesentlich vereinfacht wird. Durch Veränderung der Radien der Kreise lassen sich vorteilhafte Schnittbedingungen mit den zu messenden Strukturen und Kanten erzielen. So können auch kleine Gewinde- oder Zahnprofile mit geringen Meßzeiten vermessen werden. Eine einfache Richtungserkennung erlaubt die Ableitung von Steuerbefehlen für eine selbsttätige Messung und trägt zur Erhöhung des Automatisierungsgrades der Meßprozesse bei.

Je nach Anwendungszweck können die aus den aktivierten CCD-Sensoren gebildeten geschlossenen linienförmigen Figuren auch Quadrate, Rechtecke, Ellipsen oder Dreiecke oder anderer geeignete Figuren sein. Sie können vorteilhaft auch jeweils konzentrisch sein. Auch können diese linienförmigen Figuren auf der Sensoranordnung auch in ihrer Größe und ihrer Position veränderbar sein.

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 schematisch den optischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Anordnung,

Fig. 2 eine Sensoranordnung mit mehreren Kreisen,

Fig. 3 eine Sensoranordnung mit konzentrischen Kreisen und

Fig. 4 eine Sensoranordnung mit drei konzentrischen Quadraten.

Die in Fig. 1 schematisch dargestellte Anordnung zur Messung von Strukturen, Kanten und Formelementen umfaßt eine Lichtquelle 1 und eine Beleuchtungsoptik 2 zur Beleuchtung einer zu messenden Struktur 3 oder Kante eines Meßobjektes 4, welches auf einem in Pfeilrichtung bewegbaren Meßtisch 5 eines Meßgerätes angeordnet ist. Durch eine in Lichtrichtung dem Meßtisch 5 nachgeordnete Abbildungsoptik 6 wird die anzutastende bzw. zu vermessende Struktur 3 in die Ebene einer fotoelektrischen Sensoranordnung 7 abgebildet, welche x-y-adressierte, in Zeilen und Spalten mit bekanntem gegenseitigen Abstand voneinander angeordnete fotoelektrische CCD-Sensoren 8 umfaßt. Diese Sensoranordnung 7 ist über eine elektrische Verbindung 9 mit einer Bildsignalverarbeitungseinheit (BVE) 10 oder einem entsprechenden Rechner verbunden. Das Bild der zu vermessenden Struktur 3 ist in Fig. 1 mit 11 bezeichnet. Auf der Sensoranordnung 7 sind ferner zwei konzentrische Kreise 13 und 14 eingezeichnet, auf denen CCD-Sensoren 12 gesondert gekennzeichnet sind. Diese CCD-Sensoren 12 werden von dem Bild 11 der abgebildeten Struktur oder Kante überdeckt und sind derart aktiviert, daß sie ein elektrisches Signal an die BVE 10 zur Weiterverarbeitung liefern. Die Aktivierung der entsprechenden CCD-Sensoren erfolgt in bekannter Weise, so daß beim Zusammentreffen mit der auf sie abgebildeten Struktur oder Kante ein elektrisches Signal zur Weiterverarbeitung erzeugt wird. Aus den auf diesem Wege durch die aktivierten x-y-adressierten CCD-Sensoren (12) erzeugten Signalen werden durch die BVE 10 die Lage und/oder die Form der Struktur 3 berechnet.

Wie in Fig. 2 dargestellt, ist es nicht erforderlich, daß die aktivierten CCD-Sensoren 12 auf geschlossenen konzentrischen Linienzügen 15 vorgesehen sind, um das Bild 11 einer Struktur 3 auswerten zu können.

Fig. 3 zeigt beispielsweise eine Sensoranordnung 7 mit CCD-Sensoren 8, bei welcher die aktivierten CCD-Sensoren 16, 17, 18, 19 auf zwei konzentrischen Kreisen 20 und 21 gelegen sind. Abgebildet ist auf diese Sensoranordnung 7 eine Struktur 22, die durch zwei Geraden 23 und 24 begrenzt ist, welche in einem Punkt P zusammenlaufen. Aus den Signalen der CCD-Sensoren 16 und 17 ist die Lage der Gerade 23 berechenbar und aus den Signalen, die von den CCD-Sensoren 18 und 19 geliefert werden, bestimmt sich die Lage der Gerade 24. Mit Hilfe aller vier von den CCD-Sensoren 16, 17, 18 und 19 der BVE 10 zugeführten elektrischen Signale können die Koordinaten des Punktes P und auch der Schnittwinkel der Geraden 23 und 24 berechnet werden. Auf diese Weise ist auch z. B. ein Gewindeprofil bestimmbar.

Auf der Sensoranordnung nach Fig. 4 sind auf drei konzentrischen Quadraten 25, 26 und 27 gelegene CCD-Sensoren 28 derart aktiviert, daß sie beim Zusammentreffen mit dem zu vermessenden Bild 29 der Struktur 3 Signale an die BVE 10 liefern, aus denen die Form und die Lage der Struktur 3 errechenbar ist.

Je nach Größe und Form der zu vermessenden Struktur sind auch die Größe und Lage der geschlossenen Linienzüge, auf denen die aktivierten CCD-Sensoren vorgesehen sind, veränderbar, desgleichen auch die Anzahl der aktivierten CCD-Sensoren auf der Sensoranordnung. So ist z. B. aus den elektrischen Signalen dreier aktivierter CCD-Sensoren ein Kreis eindeutig bestimmbar. Vier CCD-Sensoren werden benötigt zur Berechnung zweier sich schneidender Geraden; fünf Sensoren zur Bestimmung einer Ellipse. Für andere zu bestimmende geometrische Figuren kann die Anzahl der akti-

vierten CCD-Sensoren auch größer sein.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Ermittlung der Form und Lage von Strukturen, Kanten und Formelementen, umfassend eine fotoelektrische Sensoranordnung mit x-y-adressierten, in Zeilen und Spalten mit bekanntem gegenseitigen Abstand voneinander angeordneten CCD-Sensoren und eine, die zu messende Struktur oder Kante auf die Sensoranordnung abbildende Abbildungsoptik, wobei die Sensoranordnung mit einer Bildsignalverarbeitungseinheit zur Berechnung der Form und/oder der Lage der Struktur oder Kante elektrisch verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Gesamtmenge der auf der Sensoranordnung (7) vorgesehenen CCD-Sensoren (8) eine Untermenge von CCD-Sensoren (12; 16; 17; 18; 19; 28), die mehrere geschlossene linienförmige geometrische Figuren bilden zur Abtastung der zu messenden Struktur (3) oder Kante derart aktiviert sind, daß durch diese aktivierten CCD-Sensoren (12; 16; 17; 18; 19; 28) beim Zusammentreffen mit dem Bild (11; 22) der auf sie abgebildeten Struktur (3) oder Kante ein elektrisches Signal zur Weiterverarbeitung an die Bildsignalverarbeitungseinheit (10) ableitbar ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Gesamtmenge der die Sensoranordnung (7) bildenden CCD-Sensoren (8) die auf mindestens zwei vorzugsweise konzentrisch zueinander vorgesehenen geschlossenen linienförmigen Figuren liegenden CCD-Sensoren (12; 16; 17; 18; 19; 28) zur Abtastung der zu messenden Struktur (3) oder Kante aktiviert sind.
3. Anordnung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die linienförmigen Figuren auf der Sensoranordnung (7) konzentrische Kreise (13; 14; 20; 21), Ellipsen, Quadrate (25; 26; 27), Rechtecke oder Dreiecke sind.
4. Anordnung nach Anspruch 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die linienförmigen Figuren auf der Sensoranordnung (7) in ihrer Größe und Lage veränderbar sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

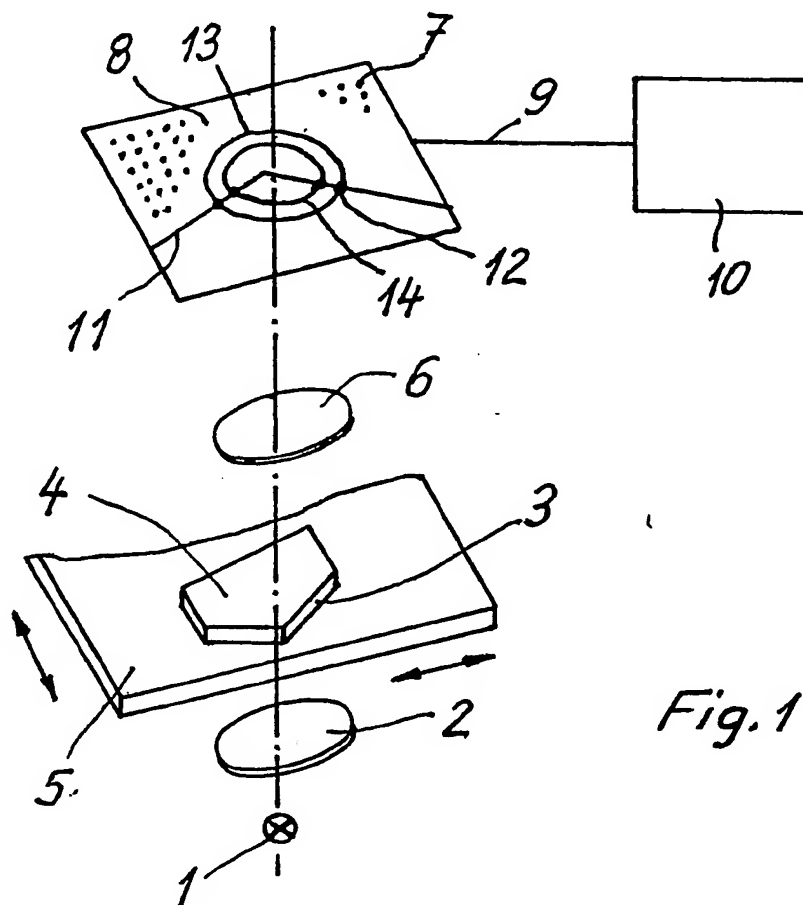


Fig. 1

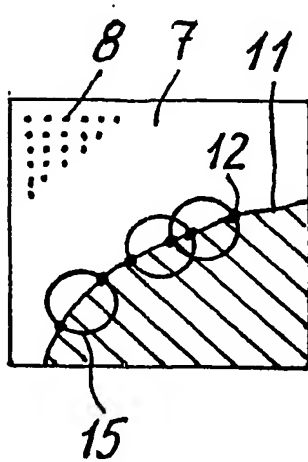


Fig. 2

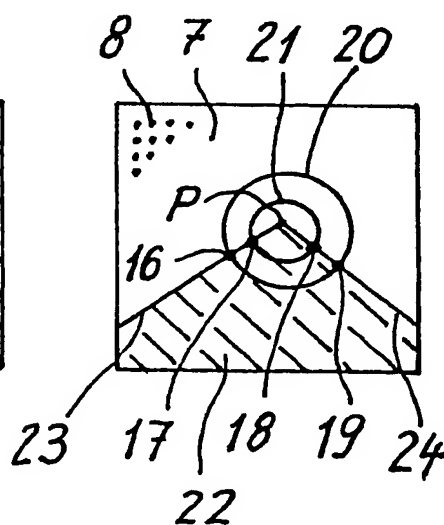


Fig. 3

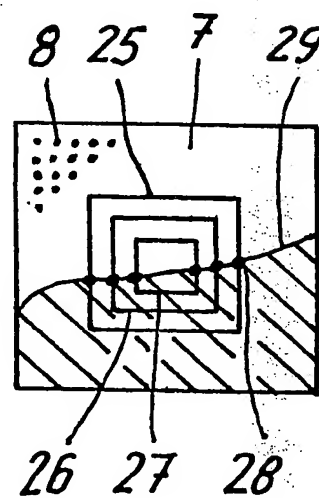


Fig. 4